

# 論文内容の要旨

## 論文題目

### 断層運動に伴う動的応力変化場の特徴と地震のトリガーに関する 研究

#### (Characteristics of Dynamic Stress Field Induced by a Finite Earthquake Fault and Earthquake Triggering)

氏名 木村 武志

ある地震が発生した際に、他の地震をトリガーするという現象が、多くの地震について確認されている。この地震のトリガーがどのような環境で、また先行する地震のどのような影響によって発生するのか、その条件およびトリガーのメカニズムを明らかにすることは、現在の地震学における大きな課題である、『地震がいつに始まるのか?』という問題を考える上で、重要かつ有効な研究である。本研究では、地震のトリガーの最も顕著な現象である余震活動に対して動的 $\Delta$ CFF (Coulomb Failure Function) が与える影響について理論、データ解析の両面から検討した。

まず、動的 $\Delta$ CFF が余震活動に影響を与える場合に、観測される余震活動の空間分布にどのような特徴が現れるのかを明らかにするために、動的 $\Delta$ CFF の時空間分布と断層運動の関係について明らかにした。無限均質媒質中の単純な震源モデルによる動的 $\Delta$ CFF について、有限差分法による数値シミュレーションを用いることにより、動的 $\Delta$ CFF の分布の特徴が、1) 法線応力の分布、2) 破壊のディレクティビティの影響、3) 破壊停止端から放射されるストップングフェーズ、の3つの要素に依ることを示した。これらの要素は、断層上の破壊伝播方向とすべりの方向との関係により、影響の様子が変化する。また、このような動的 $\Delta$ CFF の最大値分布は破壊の複雑さを考慮すると大きく変わる可能性があることを示した。従って、動的 $\Delta$ CFF の計算を行う際には、震源モデルの安易な単純化はできず、個々の地震の破壊過程をできるだけ忠実に再現して計算する必要がある。また、浅い地震を

想定して、地表の影響を加えた場合の数値シミュレーションを行った。これにより、地表面によって動的  $\Delta CFF$  の空間分布が大きく乱されることはなく、断層と地表の位置関係によって、地表が分布を切る位置が変わるだけの影響を考慮すれば良いことを示した。得られた動的  $\Delta CFF$  の空間分布の特徴と以下に示す2つの仮定から、動的  $\Delta CFF$  が近地の余震活動に影響を与えた場合に予想される余震活動の空間分布を示した。ここで立てた仮定とは、1) 余震活動の活発化域、静穏化域は静的  $\Delta CFF$  に依存する、2) 静的  $\Delta CFF$  が正の領域でかつ動的  $\Delta CFF$  の最大値が大きな領域では、他の領域と比べて特に余震活動が活発化する、という2つである。これらの仮定から、近地での余震活動が動的  $\Delta CFF$  の影響を受けた場合、予想される余震活動の特徴としては以下のものがある。破壊伝播方向とすべりの方向が平行な場合については、1) 破壊停止端から破壊伸展方向延長部で特に活発化する、2) 破壊停止端から断層面に直交する tension 場の方向に伸びる領域で特に活発化する、の2点が挙げられる。また、破壊伝播方向とすべりが直交する場合、3) 本震震源断層から離れて平行に分布する余震活動は破壊伸展方向により強く活発化する、4) 破壊停止端から破壊伸展方向と断層に直交する方向の間で斜めに活発化域が伸びる、ことが挙げられる。

次に、上述した二つの仮定、「余震活動の活発化域、静穏化域は静的  $\Delta CFF$  に依存する」、「静的  $\Delta CFF$  が正の領域でかつ動的  $\Delta CFF$  の最大値が大きな領域では、他の領域と比べて特に余震活動が活発化する」、について、1994年 Northridge 地震の余震活動を対象として、検討した。まず、本震前約9年間と本震後3ヶ月間の地震活動における地震発生数について、静的  $\Delta CFF$  分布と動的  $\Delta CFF$  の最大値分布との比較を行った。動的  $\Delta CFF$  の最大値分布に対して、地震活動は、本震前・本震後ともに有意に正の値の大きな領域に集中して発生しており、また本震前に比べて、本震後の方が正の値のより大きな領域で集中して発生していることが分かった。一方、静的  $\Delta CFF$  分布に対しては、本震前の地震活動は空間的に一様に発生していることを否定できなかったが、本震後に関しては、正の領域で集中して発生していることが示された。次に、地震活動度変化と動的  $\Delta CFF$  の最大値分布、静的  $\Delta CFF$  分布を比較した。地震活動度の変化を表すパラメータである  $\beta$  値を見積もると、動的  $\Delta CFF$  の最大値には0.5%の危険率で相関があることが示されたが、静的  $\Delta CFF$  とは相関があるとは言えなかった。従って、Northridge 地震の余震活動については、「余震活動の活発化域、静穏化域は静的  $\Delta CFF$  に依存する」、「静的  $\Delta CFF$  が正の領域でかつ動的  $\Delta CFF$  の最大値が大きな領域では、他の領域と比べて特に余震活動が活発化する」という2つの仮説のうち、2番目の仮説は妥当だと言えたが、1番目については何も言えなかった。